

腐食環境下における直結4形レール締結装置の管理手法について

西日本旅客鉄道株式会社 正社員 武山 和生

1. はじめに

スラブ軌道直結4形レール締結装置(以下:直4)は、腐食による劣化が顕在化しており、当社としては、中長期計画的に締結更替を実施し、Cランク(腐食:大)、Bランク(腐食:中)を除去するに至った。しかし、特定の腐食環境下(漏水等)にある締結装置は、腐食の進行が早く、そういった箇所について、詳細に着目する必要がでてきた。そこで、本研究では、腐食環境下における直4締結装置の現状分析と管理手法について、考察することとする。

2. 研究概要

直4締結装置が腐食劣化してくると、次に挙げる2つの問題が考えられる。①レール押え力を確保するためには、所定値以上の締付力が必要であること、②板ばねの厚さが減少してくると、板ばねの内部発生応力が大きくなり、また、板ばね厚さの減少によって弾性を失った板ばねは、列車の繰り返し荷重によって金属疲労を起こし、板ばねの折損の可能性があること、が問題となってくると推定される。そこで、次に挙げる2つの仮説を立てて調査を行う。

仮説1: 板ばねは錆が進行すると、板ばね厚さが減少し、機能性を失う。

仮説2: 錆がなく、板ばね厚さも減少していないが、敷設年数が長いと、板ばねの機能低下が起こっている可能性がある。

そこで、新品・錆なし(敷設後25~32年)・錆あり(敷設後25~32年)の3ケースについて、板ばね厚さ・開口量・上ばねと下ばねが接触する時の荷重を測定し、比較分析を行った。

3. 測定概要

3.1 荷重の測定

図-1に示すように、絶縁カラー・ワッシャ・ボルトを締結時とほぼ同じ所定の位置に取り付け、油圧式の荷重計を使って、上ばねと下ばねが接触するまでボルト点に荷重を加え、その時の値を読み取る。

3.2 板ばね厚さ・開口量の測定

金ブラシで錆を十分に除去し、図-1に示す位置にて、板ばね厚さ・開口量をノギスを用いて測定した。

3.3 サンプル数

各3ケースのサンプル数を表-1に示す。

表-1 サンプル数

新品	錆なし(敷設後25~32年)	錆あり(敷設後25~32年)
7個	45個	33個

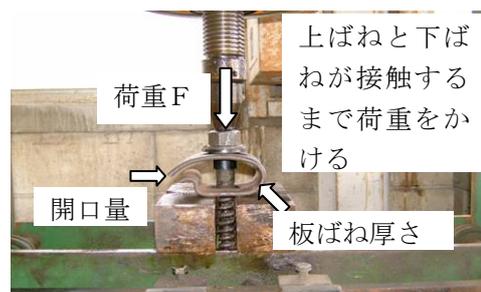


図-1 荷重試験と測定位置

3.4 測定結果

(1) 結果1(荷重とばね厚さの関係)

図-2において、①新品と錆ありを比較すると、腐食して板ばね厚さが減少しているにもかかわらず、荷重値が新品よりも大きな値となっているものがある。②新品と錆なしを比較しても、同じことが言える。これに関して考えられる事を、次の結果2で説明する。

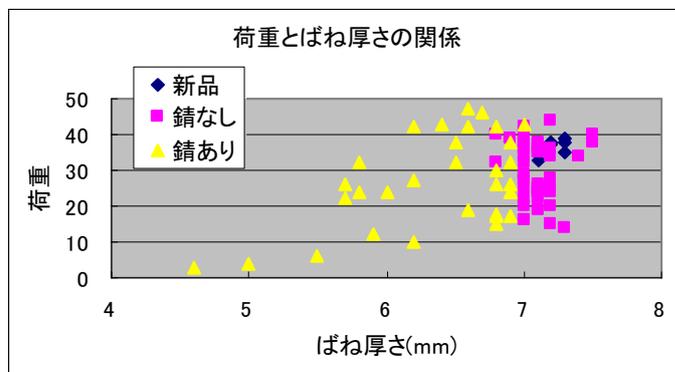


図-2 荷重とばね厚さの関係

(2) 結果2(荷重と開口量の関係)

結果1の説明であるが、図-3に示すように、荷重値は、上ばねが下ばねに接触するまでの距離(開口量)に大きな影響を受けると考えられる(劣化した板ばねでも、開口量が大きければ、新品の荷重値よりも大きな値を有する場合がある)。

キーワード: 直結4形締結装置, 腐食環境, ばね定数

連絡先: 〒732-0822 広島市南区松原町1番1号 西日本旅客鉄道株式会社 広島新幹線保線区

TEL: (082)-263-6230

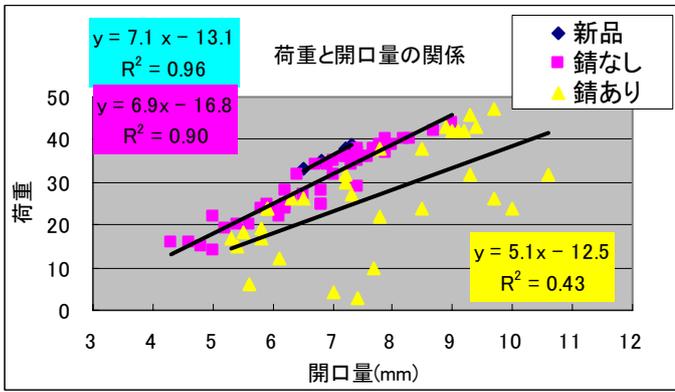


図-3 荷重と開口量の関係

(3) 考察

結果 2 で、荷重値は開口量から影響を受けることがわかった。そこで、板ばね自体の劣化度を比較するために、開口量の荷重への影響を考慮し、それをばね定数として算出し、比較を行った。式 (1) を用いて示した (フックの法則)。ただし、直 4 板ばねは、2 段線形のばね定数を有している¹⁾が、ここでは 1 段線形のばね定数を有していると仮定する。

$$K = \frac{F}{x} \dots (1)$$

ここで、F : 荷重, K : ばね定数, x : 開口量 (mm)

図-3 の傾き (荷重 F/開口量 X) は、ばね定数になるが、新品と錆なしに関していえば、相関係数が高く、ばらつきが小さく、また、傾き (ばね定数) が大きく、弾性を確保している可能性がある。また、錆ありに関していえば、相関係数が低く、ばらつきがあり、また、傾きも小さく、弾性を失っている可能性がある。

次に、ばね定数とばね厚さの関係を図-4 に示す。図-4 によると、板ばね厚さが約 6mm になると、ばね定数は新品の約 1/2 になっており、約 5.5mm 以下になれば、1/5 以下になっている。また、相関性についてであるが、新品 (R²=0.32) と錆なし (R²=0.02) は相関係数が低い値になっているが、これは、ばね厚さの相違が小さいためと考えられる。ただ、ここで見たいのは、錆あり (腐食環境下) のケースであり、このケースでは、ばね定数とばね厚さの関係性は高いと言える (R²=0.60)。

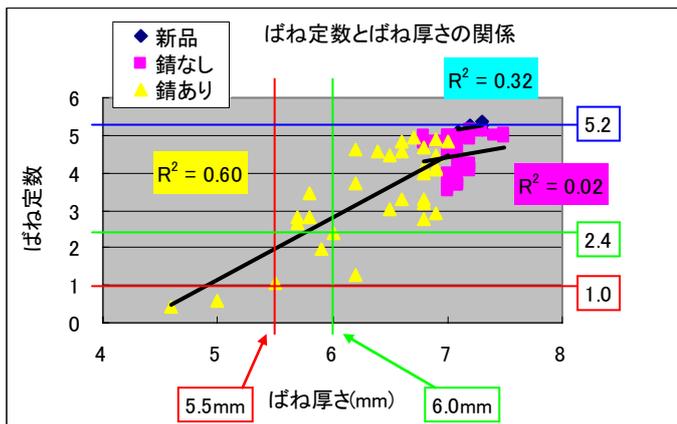


図-4 ばね定数とばね厚さの関係

以上を踏まえると、初めに立てた仮説に対して、
仮説 1 に対して：板ばねに錆が進行し板ばね厚さが減少すると、板ばねの機能低下が起こる可能性がある。
仮説 2 に対して：敷設後 25 年を経過しても、ばね厚さが減少していなければ、板ばねの機能低下は起こっていない可能性があるが、考える余地はある。

4. 腐食環境下における管理手法の提案

図-5 で、腐食環境下のばね厚さと敷設後の経過年数の関係を示し、以下に説明する。縦軸にある腐食環境下の各年数のばね厚さを、(m-2σ) (m : 各年数のばね厚さの平均値, σ : その標準偏差) とし、横軸は敷設後の経過年数を示す。縦軸のばね厚さに関して、各年数のサンプルのうち、比較的薄いばね厚さのものを考え (有意水準 5%, また安全側で管理する), (m-2σ) を用いた。また、経年に対しての腐食によるばね厚さの減少は一次線形的に変移すると仮定すると、図でも記しているように、ばね厚さは、0.25(mm/年) の速度で減少していくのがわかる。板ばねの更換限度は、①ばね厚さ=6mm が望ましいという溝口の研究²⁾, ②腐食環境は岡山以西の開業当初 (1974 年) からのものである (漏水は、開業当初から発生していたため) と仮定する、の 2 つを考えると、図-5 より、腐食環境下において、ばね厚さ 6mm には、25 年までに到達するので、これまでに計画更換するのが望ましい。実際に、広島新幹線保線区管内では、同様な箇所では 25 年で更換しているので、上記の提案は妥当と考えられる。

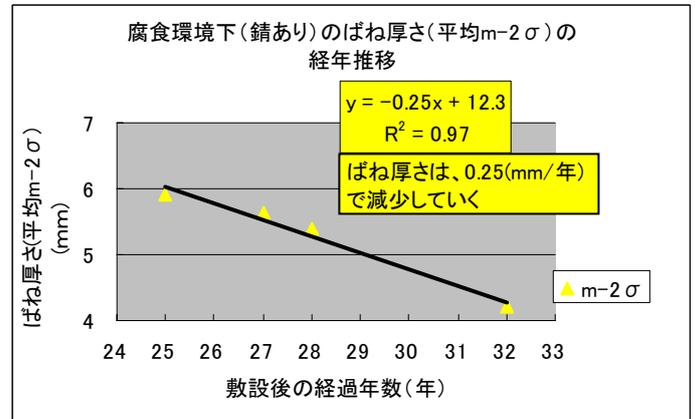


図-5 腐食環境下におけるばね厚さの経年推移

5. まとめ

- ①腐食環境下では、ばね厚さ 6mm には、25 年までには到達するので、これまでに計画更換するのが望ましい。
- ②実際に、広島新幹線保線区管内では、同様な箇所では 25 年で更換しているので、上記の提案は妥当と考えられる。

参考文献

- 1) 新しい線路 ～軌道の構造と管理～
- 2) 腐食したレール締結装置の経年劣化及び余寿命の評価
 2006 年土木学会 西日本旅客鉄道株式会社 溝口敦司